

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002323629 A**

(43) Date of publication of application: **08.11.02**

(51) Int. Cl.

G02B 6/122
G02B 6/42
H01S 5/22

(21) Application number: **2001128638**

(22) Date of filing: **26.04.01**

(71) Applicant: **FUJI PHOTO FILM CO LTD**

(72) Inventor: **FUKUNAGA TOSHIAKI**

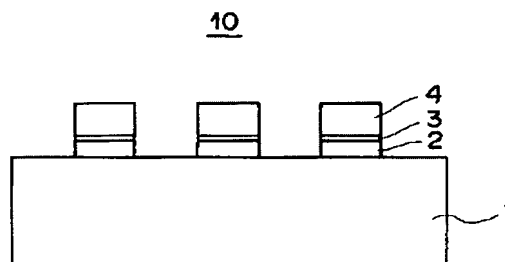
(54) **OPTICAL WAVEGUIDE ELEMENT AND
SEMICONDUCTOR LASER BEAM DEVICE**

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the input efficiency of a laser beam into an optical waveguide in an optical waveguide element which is so composed that the laser beams emitted from respective semiconductor laser elements which are directly connected with respective multi-channel incident ends, are synthesized with a branch optical waveguide and finally emitted from one emitting end.

SOLUTION: In the optical waveguide element where the branch optical waveguide is formed on a substrate 1 and semiconductor laser elements are directly connected with respective incident ends of the branch optical waveguide, the optical waveguide has an ARROW structure in which the branch optical waveguide is composed by successively forming a second clad layer 2, a first clad layer 3 having a refractive index higher than that of the second clad layer, and a core layer 4 having a refractive index lower than that of the first clad layer 3 from the side of the substrate 1.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-323629

(P2002-323629A)

(43) 公開日 平成14年11月8日 (2002.11.8)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 2 B 6/122		G 0 2 B 6/42	2 H 0 3 7
6/42		H 0 1 S 5/22	6 1 0 2 H 0 4 7
H 0 1 S 5/22	6 1 0	G 0 2 B 6/12	D 5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-128638 (P2001-128638)

(22) 出願日 平成13年4月26日 (2001.4.26)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 堀永 敏明

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

(74) 代理人 100073184

弁理士 柳田 征史 (外1名)

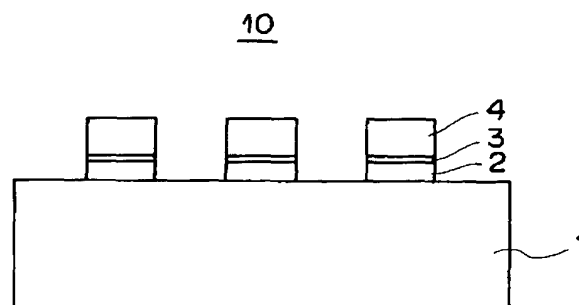
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路素子および半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 マルチチャンネルの入射端のそれぞれに直接結合された半導体レーザ素子から発せられたレーザビームを分岐光導波路で合波して1つの出射端から出射させる構成の光導波路素子において、レーザビームの光導波路への入力効率を高める。

【解決手段】 基板1上に分岐光導波路が形成されており、該分岐光導波路の入射端のそれぞれに半導体レーザ素子が直接結合される光導波路素子において、分岐光導波路を、基板1側から第二クラッド層2、この第二クラッド層2よりも高屈折率の第一クラッド層3、および、この第一クラッド層3よりも低屈折率のコア層4が順次形成されてなるA R R O W構造の光導波路とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、マルチチャンネルとされた入射端とシングルチャンネルとされた出射端とを有する分岐光導波路が形成されてなり、前記マルチチャンネルの入射端のそれぞれに半導体レーザ素子が直接結合される光導波路素子において、

前記分岐光導波路が、前記基板側から第二クラッド層、この第二クラッド層よりも高屈折率の第一クラッド層、および、この第一クラッド層よりも低屈折率のコア層が順次形成されてなるARROW構造の光導波路であることを特徴とする光導波路素子。

【請求項2】 前記基板がSi基板であることを特徴とする請求項1記載の光導波路素子。

【請求項3】 前記第二クラッド層の屈折率が1.45～1.5の範囲にあり、前記第一クラッド層の屈折率が1.8～2.4の範囲にあり、前記コア層の屈折率が1.45～1.5の範囲にあることを特徴とする請求項1または2記載の光導波路素子。

【請求項4】 前記第一クラッド層が、プラズマCVD法によって形成されたSi₃N₄膜、もしくはスパッタ法によって形成されたTa₂O₅またはHfO₂膜からなり、

前記第二クラッド層およびコア層が、プラズマCVD法によって形成されたSiONまたはSiO₂膜、もしくはTEOS、O₂、TMGeによるプラズマCVD法によって形成されたSiO₂-GeO₂膜からなることを特徴とする請求項1から3いずれか1項記載の光導波路素子。

【請求項5】 請求項1から4いずれか1項記載の光導波路素子を用いた半導体レーザ装置であって、前記分岐光導波路のマルチチャンネルの入射端のそれぞれに半導体レーザ素子が直接結合され、それらの半導体レーザ素子から発せられた光が前記分岐光導波路で合波されて前記出射端から出射する構成を有することを特徴とする半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光導波路素子に関し、さらに詳しくは、半導体レーザ素子と直接結合して用いられる光導波路素子に関するものである。

【0002】また本発明は、このような光導波路素子と半導体レーザ素子とが直接結合されてなる半導体レーザ装置に関するものである。

【0003】

【従来の技術】従来、Siまたは石英からなる基板上に光導波路が形成されてなる光導波路素子が種々提供されている。このような光導波路素子に光を入射させる光源としては、半導体レーザが用いられる場合も多く、その場合は特開平10-161165号や同10-254001号に示されるように、半導体レーザを光導波路素子

の端面に直接結合させることが広くなされている。

【0004】また、高出力のレーザビームを得るために、上述の光導波路として、マルチチャンネルとされた入射端とシングルチャンネルとされた出射端とを有する分岐光導波路を形成し、上記マルチチャンネルの入射端のそれぞれに半導体レーザ素子を直接結合させ、それらの半導体レーザ素子から発せられたレーザビームを分岐光導波路で合波して出射端から取り出す構成の半導体レーザ装置も種々提案されている。

10 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記構成の半導体レーザ装置において、出射するレーザビームの出力を高めるためには、各半導体レーザ素子が発するレーザビームを低損失で分岐光導波路の各入射端に入力させることが必要となる。

【0006】特願2000-284564号には、光導波路に直接接合された半導体レーザ素子から出射したレーザビームを低損失で光導波路に入力させるための一つの構成が提案されている。ここで提案されている構成は、基板上に光導波路が形成されてなり、この光導波路の端面に半導体レーザ素子が直接結合される光導波路素子において、光導波路のコア層と前記基板との間に、このコア層よりも低屈折率の下部第一クラッド層、および、この下部第一クラッド層とコア層との間にあって該コア層に接し、これら下部第一クラッド層とコア層との間の屈折率を有する下部第二クラッド層が形成されるとともに、前記光導波路のコア層に対して前記基板の反対側に、このコア層よりも低屈折率の上部クラッド層が形成され、この上部クラッド層に、リッジ状の部分からなる屈折率導波機構が形成されて、基本横モード以外のモードを遮断するようにしたものである。

【0007】この特願2000-284564号に提案された光導波路素子は、所期の目的を達成できるものであるが、その半面、光導波路の積層方向のコアサイズを1μm程度より大きくするのが困難であることから、半導体レーザ素子と結合する上で高い位置合わせ精度が求められるという問題が認められる。特に半導体レーザ素子は、発振中に生じる熱分布に起因して基板が反ることがあり、それによって発光位置が変動すると、該半導体レーザ素子から出射したレーザビームの光導波路素子への入力効率が低下してしまう。

【0008】本発明は上記の事情に鑑みて、マルチチャンネルの入射端のそれぞれに直接結合された半導体レーザ素子から発せられたレーザビームを分岐光導波路で合波して1つの出射端から出射させる構成の光導波路素子において、各半導体レーザ素子から発せられたレーザビームの光導波路への入力効率を十分に高めることを目的とする。

【0009】また本発明は、上述のような光導波路素子と複数の半導体レーザ素子とを用いて、高出力の合波レ

ーザビームを得ることができる半導体レーザ装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明による光導波路素子は、前述したように例えばSiや石英からなる基板の上に、マルチチャンネルとされた入射端とシングルチャンネルとされた出射端とを有する分岐光導波路が形成されてなり、前記マルチチャンネルの入射端のそれぞれに半導体レーザ素子が直接結合される光導波路素子において、前記分岐光導波路が、前記基板側から第二クラッド層、この第二クラッド層よりも高屈折率の第一クラッド層、および、この第一クラッド層よりも低屈折率のコア層が順次形成されてなるARROW (Antiresonant Reflecting Optical Waveguides) 構造すなわち非共鳴の反射光閉じ込め構造の光導波路であることを特徴とする。

【0011】上記の構成において、第二クラッド層の屈折率は1.45～1.5の範囲にあり、第一クラッド層の屈折率は1.8～2.4の範囲にあり、さらにコア層の屈折率は1.45～1.5の範囲にあることが好ましい。

【0012】また第一クラッド層は、プラズマCVD法によって形成されたSi₃N₄膜、もしくはスパッタ法によって形成されたTa₂O₅またはHfO₂膜からなり、他方第二クラッド層およびコア層は、プラズマCVD法によって形成されたSiONまたはSiO₂膜、もしくはTEOS、O₂、TMGeによるプラズマCVD法によって形成されたSiO₂-GeO₂膜からなることが好ましい。

【0013】一方、本発明による半導体レーザ装置は、上述した本発明による光導波路素子を用いた半導体レーザ装置であって、前記分岐光導波路のマルチチャンネルの入射端のそれぞれに半導体レーザ素子が直接結合され、それらの半導体レーザ素子から発せられた光が前記分岐光導波路で合波されて前記出射端から出射する構成を有することを特徴とするものである。

【0014】

【発明の効果】本発明による光導波路素子は、分岐光導波路に、基板側から第二クラッド層、この第二クラッド層よりも高屈折率の第一クラッド層、および、この第一クラッド層よりも低屈折率のコア層が順次形成されてなるARROW構造を適用したものである。このARROW構造は、例えば文献T. Baba and Y. Kokubun "Dispersion and Radiation Loss Characteristics of Antiresonant Reflecting Optical Waveguides—Numerical Results and Analytical Expressions" IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol. 28 No. 7(1992) pp. 1689-1700 に示されているように、コア層の外側に形成された該コア層よりも高屈折率の第一クラッド層が反射部 (reflector) として作用し、さらにその外側に設けられた該第一クラッド層よりも低屈折率の第二クラッド層が光の漏

れを抑制することにより、コア層に入力された光を、該コア層と第一クラッド層との界面で反射させつつ導波させる。

【0015】このARROW構造の光導波路にあっては、コア層のサイズを比較的大きくしても光が導波可能であり、例えば、前述した光導波路の積層方向のコアサイズを最大で数μm程度まで大きくすることもできる。

【0016】そこで、このARROW構造の分岐光導波路を有する本発明の光導波路素子によれば、それに結合させる半導体レーザ素子との位置合わせ精度を著しく高く確保しなくても、また半導体レーザ素子の基板が反ってその発光位置が変動する等しても、半導体レーザ素子から出射したレーザビームが良好に分岐光導波路に入射可能で、その入力効率は十分に高いものとなる。

【0017】そして本発明の半導体レーザ装置は、複数の半導体レーザ素子から出射したレーザビームを上述の通りの光導波路素子によって合波する構成を有するので、各半導体レーザ素子から出射したレーザビームを極めて有効に利用可能で、高出力の合波レーザビームを得ることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明の一実施の形態による光導波路素子10の平面形状を示すものであり、また図2および図3はそれぞれ、この光導波路素子10の図1中のA-A線、B-B線に沿った立断面形状を示すものである。これらの図を参照して、本実施の形態の光導波路素子10をその作製方法とともに説明する。

【0019】まずSi基板1上に、TEOS (テトラエトキシシラン) とO₂によるプラズマCVD (化学気相成長法) により、屈折率1.45のSiO₂第二クラッド層2を3μm厚に形成し、連続して同様にSiH₄、NH₃ガスを用いてプラズマCVD法により、屈折率1.9のSi₃N₄第一クラッド層3を0.4μm厚に形成する。さらにTEOS (テトラエトキシシラン) とO₂によるプラズマCVD法により、屈折率1.45のSiO₂コア層4を6μm厚に形成する。

【0020】その上にレジストを塗布した後、このレジストを、一端側で50μm幅のストライプが複数 (ここでは一例として3本) 互いに50μm間隔で並び、他端側でこれらのストライプが1本に結合するパターンを複数残して、その他の領域を除去する。次いでこのレジストパターンをマスクとして、CHF₃ガスを用いたドライエッチング法により、SiO₂コア層4、Si₃N₄第一クラッド層3およびSiO₂第二クラッド層2をSi基板1が露出するまでエッチングする。

【0021】その後この基板1をダイシング装置によって長さ (図1中の左右方向寸法) 5mmのバーに切断し、両端面に精密鏡面研磨を施してから、それらの端面に反射率0.1%程度のAR (無反射) コート5、6を蒸

着法によって形成する。さらにダイシング装置によってこのバーをチップ状に切断すると、本実施の形態の光導波路素子10が完成する。

【0022】図1～3に示される通りこの光導波路素子10は、Si基板1の上に、マルチチャンネルとされた3つの入射端11aと、シングルチャンネルとされた出射端11bとを有する分岐光導波路11が形成されてなる。そしてこの分岐光導波路11は、Si基板1側からSiO₂第二クラッド層2、このSiO₂第二クラッド層2よりも高屈折率のSi₃N₄第一クラッド層3、および、このSi₃N₄第一クラッド層3よりも低屈折率のSiO₂コア層4が順次形成されてなるARROW構造の光導波路となっている。この光導波路素子10の使用形態については、後に詳しく説明する。

【0023】なお、上記光導波路素子10を構成するいずれの層に関しても、屈折率が適正な範囲にあれば、上で説明した以外の材料および作製法が適用可能である。例えばTEOSとO₂による第二クラッド層2は火炎堆積法によって形成されてもよい。また第一クラッド層3を構成するSi₃N₄膜も、Ta₂O₅、HfO₂、TiO₂、ZrO₂等で代用することが可能である。

【0024】この光導波路素子10は、上記マルチチャンネルの入射端11aのそれぞれに半導体レーザ素子が直接結合された形態で使用される。本例では、半導体レーザ素子が複数並設されてなる半導体レーザアレイが用いられる。図4はここで用いられる、発振波長帯が0.7～1.2μmにある半導体レーザアレイ20を示すものである。以下、この図4を参照して本例の半導体レーザアレイ20を作製方法と併せて説明する。

【0025】まずMOCVD（有機金属気相成長法）により、GaAs（001）基板21上に、n-Al_{0.64}Ga_{0.36}As下部クラッド層22、nまたはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P下部光導波層23、InGaAsP量子井戸活性層24、pまたはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P上部光導波層25、p-Al_{0.64}Ga_{0.36}As上部クラッド層26、およびp-GaAsコンタクト層27を形成する。レジストを塗布後、引き続き<110>方向に50μm間隔で並ぶ幅50μmのストライプ領域を残して、その他の領域のレジストを除去する。次いでこのレジストパターンをマスクとして、硫酸と過酸化水素水系のエッチング液でエッチングを行なう。このとき自動的にIn_{0.49}Ga_{0.51}P上部光導波層25でエッチングが停止し、リッジ構造が形成される。

【0026】次に上記レジストを除去した後SiO₂膜28を積層し、さらにレジストを塗布し、リッジ上のレジストを除去し、フッ酸系のエッチング液によりリッジ上部のSiO₂膜28を除去する。次いでレジストを除去した後、p電極29を形成し、基板21の裏面を研磨してその上にn電極30を形成する。そしてこの試料をへき開した後、へき開された両端面にそれぞれ高反射コート35と低

反射コート36を形成すると、上記リッジ構造の1つ毎に半導体レーザ素子40が形成されてなる半導体レーザアレイ20が完成する。なお上記高反射コート35および低反射コート36は、後出の図5および図6に示してある。

【0027】以上のようにして形成された半導体レーザアレイ20は、図5および図6に示すようにして光導波路素子10に直接接合される。すなわち、この半導体レーザアレイ20は、図示のようにp電極29側が半田34によってCu製のヒートシンク32にボンディングされ、一方光導波路素子10は、Cu製のマウント42上に接着剤43によって接合される。そして上記ヒートシンク32とマウント42は、半導体レーザアレイ20の各半導体レーザ素子40と、光導波路素子10の分岐光導波路11の各入射端11a（より詳しくはコア層4の部分）とがそれぞれ同軸に整合して向き合う状態にして、接着剤44によって接合される。

【0028】なおこの際半導体レーザアレイ20は、低反射コート36が形成された側の端面が、分岐光導波路11の入射端11aと向かい合う状態に配置される。またこの場合の「直接結合」とは、半導体レーザ素子40と上記分岐光導波路11の各入射端11aとが物理的に接して結合する状態は勿論のこと、それら両者が互いに微小間隙を置いて配設されている状態も含むものとする。

【0029】上記の構成においては、3つの半導体レーザ素子40からそれぞれ射出されたレーザビームが入射端11aから分岐光導波路11内に入射し、そこを導波した後に分岐部において合波される。そこで分岐光導波路11の出射端11bからは、合波された高出力のレーザビームLが射出する。

【0030】なお、このARROW構造の分岐光導波路11においては、SiO₂コア層4の外側に形成された該コア層4よりも高屈折率のSi₃N₄第一クラッド層3が反射部（reflector）として作用し、さらにその外側に設けられた該第一クラッド層3よりも低屈折率のSiO₂第二クラッド層2が光の漏れを抑制することにより、SiO₂コア層4に入力された光を、該SiO₂コア層4とSi₃N₄第一クラッド層3との界面で反射させつつ導波させる。またこのように導波する光は、Si₃N₄第一クラッド層3と反対側では、SiO₂コア層4と空気との界面で反射する。

【0031】このARROW構造の分岐光導波路11にあつては、SiO₂コア層4のサイズを比較的大きくしても光が導波可能であり、ここでは一例として、分岐光導波路11の積層方向（図2および図3の上下方向）のサイズを6μm程度と大きくしてある。

【0032】そこで、この光導波路素子10によれば、それに結合させる半導体レーザ素子40との位置合わせ精度を著しく高く確保しなくても、また半導体レーザアレイ20のGaAs基板21が反ってその発光位置が変動する等しても、各半導体レーザ素子40から出射したレーザビームが良好に分岐光導波路11に入射可能で、その入力効率

は十分に高いものとなる。なお、光結合効率を高めるために、分岐光導波路11の入射端11aの幅は、半導体レーザ素子40の発振幅と同一であることが好ましい。

【0033】以上のように光導波路素子10と半導体レーザアレイ20とが結合されてなる光源装置は、高出力のレーザビームLを出射できるものであるから、特に、半導体レーザ励起固体レーザの励起用光源や、第2高調波発生装置の基本波光源や、さらには、ダブルクラッド型の光ファイバ増幅器の励起用光源等として好適に用いられるものとなる。

【0034】なお、光導波路素子に結合させる半導体レーザ素子としては、上述したGaAs基板上に形成される発振波長帯0.7~1.2 μ mの素子に限らず、その他例えば、InP基板上に形成される発振波長帯が1.3~1.7 μ mにある素子等を適用することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態である光導波路素子の平面図

【図2】図1のA-A線に沿った部分の断面形状を示す立断面図

【図3】図2のB-B線に沿った部分の断面形状を示す立断面図

【図4】上記光導波路素子と結合される半導体レーザアレイを示す立断面図

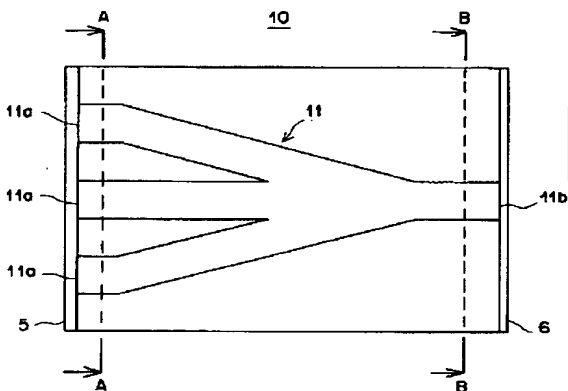
【図5】本発明の第2の実施の形態である半導体レーザ装置の概略平面図

【図6】上記半導体レーザ装置の概略側面図

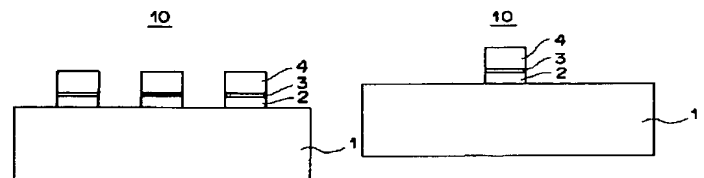
【符号の説明】

- | | |
|--------|-----------------------------------------------------|
| 1 | Si基板 |
| 2 | SiO ₂ 第二クラッド層 |
| 3 | Si ₃ N ₄ 第一クラッド層 |
| 4 | SiO ₂ コア層 |
| 5, 6 | AR（無反射）コート |
| 10 | 光導波路素子 |
| 11 | 分岐光導波路 |
| 11a | 分岐光導波路の入射端 |
| 11b | 分岐光導波路の出射端 |
| 20 | 半導体レーザアレイ |
| 21 | GaAs（001）基板 |
| 22 | n-Al _{0.64} Ga _{0.36} As下部クラッド層 |
| 23 | nまたはi-In _{0.49} Ga _{0.51} P下部光導波層 |
| 24 | InGaAsP量子井戸活性層 |
| 25 | pまたはi-In _{0.49} Ga _{0.51} P上部光導波層 |
| 26 | p-Al _{0.64} Ga _{0.36} As上部クラッド層 |
| 27 | p-GaAsコンタクト層 |
| 28 | SiO ₂ 膜 |
| 29 | p電極 |
| 30 | n電極 |
| 32 | ヒートシンク |
| 34 | 半田 |
| 35 | 高反射コート |
| 36 | 低反射コート |
| 40 | 半導体レーザ素子 |
| 42 | マウント |
| 43, 44 | 接着剤 |

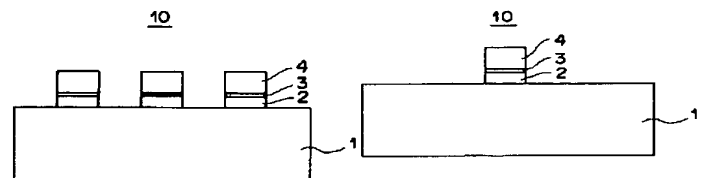
【図1】



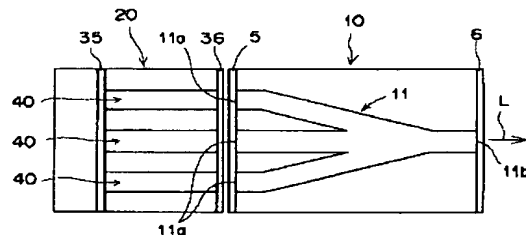
【図2】



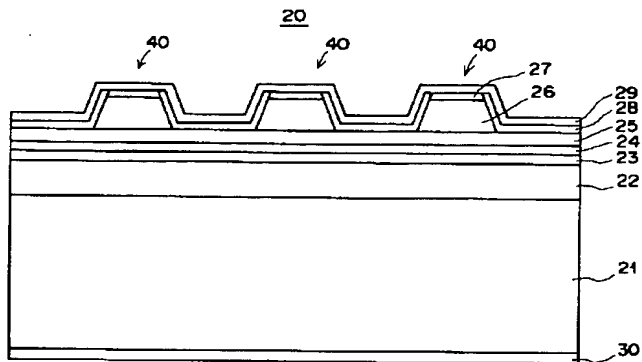
【図3】



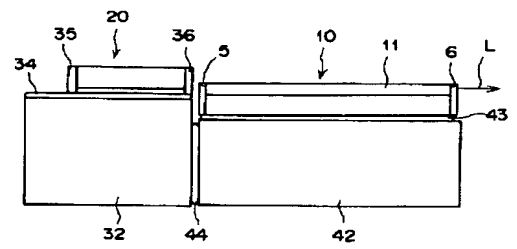
【図5】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H037 BA05 CA00 DA17
 2H047 KA00 KA05 LA12 PA04 PA05
 PA21 PA24 QA01 QA02 QA04
 TA11
 5F073 AA13 AA53 AA74 AB04 AB21
 CA13 CB02 DA22 EA24